

2633
#16

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

08/981233

PRIORITY DOCUMENT



Bescheinigung

REC'D 27 AUG 1996

WIPO

Die SEP Gesellschaft für technische Studien, Entwicklung,
Planung mbH in München/Deutschland hat eine Patentanmeldung
unter der Bezeichnung

"Verfahren und Vorrichtung zur kontinuierlichen
Trocknung von Protein enthaltendem Schlamm"

am 19. Juni 1995 beim Deutschen Patentamt eingereicht.

Der Sitz der Anmelderin wurde geändert in:
Ismaning/Deutschland.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wieder-
gabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig die Sym-
bole C 02 F, F 26 B und B 01 J der Internationalen Patentklas-
sifikation erhalten.

München, den 17. Juli 1996

Der Präsident des Deutschen Patentamts
Im Auftrag

Grüne

Aktenzeichen: 195 22 164.8



Verfahren und Vorrichtung zur kontinuierlichen Trocknung von Protein enthaltendem Schlamm

5

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Trocknung von Protein enthaltendem Schlamm, insbesondere Klärschlamm, in einer Wirbelschicht, die von einem Trocknungsgas durchströmt wird, wobei der Wirbelschicht teilentwässelter Schlamm in Granulatform zugeführt und getrockneter Schlamm entnommen wird, bzw. die einen Trocknungsbehälter, mit einem unteren Vorlagerraum für das Trocknungsgas und einer gasdurchlässigen Abstützung für die Wirbelschicht, eine Zuführeinrichtung für den teilentwässerten Schlamm und eine Entnahmeeinrichtung für den getrockneten Schlamm aufweist, wobei die Zuführeinrichtung eine Granuliereinrichtung aufweist.

Schlämme der hier in Rede stehenden Art fallen z.B. in Kläranlagen für kommunale oder industrielle Abwässer mit mindestens einer biologischen Behandlungsstufe, bei der Papierherstellung oder etwa als Ölschlamm an und haben in der Regel einen Trockensubstanzgehalt von 2 bis 5 %. Durch eine mechanische Vorentwässerung wird der Trockensubstanzgehalt meist auf 20 bis 30 % erhöht. Zur weiteren Verwendung, z.B. der Deponierung, als Zuschlagsstoff, als Brennstoff oder als Düngemittel ist eine weitergehende Trocknung erforderlich. Meist wird eine Lagerfähigkeit und eine ausreichende Mahlfähigkeit gefordert, die erst bei Trockensubstanzgehalten von über 90 % erreicht wird, in denen der getrocknete Klärschlamm biologisch stabil ist. Speziell bei der Anwendung als Düngemittel wird eine nur im engen Bereich variierende Korngröße gefordert, die der von Mineraldüngern entsprechen soll, damit der getrocknete Schlamm ohne maschinelle Umstellung auf den Feldern ausgebracht werden kann.



vorentwässerten Schlammes wird hierzu im Mischgranulator u.a. getrocknetes Granulat beigemischt. Das so gebildete Mischgranulat hat bereits einen relativ hohen Trockensubstanzgehalt und ist somit bei Eintritt in die Wirbelschicht bereits jenseits der "Leimphase". Durch das Bereitstellen des Schlammes in Granulatform, also in Form einer Vielzahl von Granulatkörnern, erhält man eine große Partikeloberfläche und somit einen guten Wärmeübergang vom Trocknungsgas. Damit läßt sich die eingesetzte Energie im Prinzip effizient nutzen.

Jedoch ist der Wirkungsgrad dieses Verfahrens aufgrund der Rückführung bzw. Zumischung von Trockensubstanz relativ gering.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Trocknung von Protein enthaltendem Schlamm, insbesondere Klärschlamm, der eingangs angegebenen Gattung zu schaffen, mit dem bzw. der sowohl der Zusatz von Fremdstoffen in der Wirbelschicht als auch die Rückführung von bereits getrocknetem Schlamm und Staub in den Prozeß vermieden werden kann, der Wirkungsgrad somit ansteigt und der Energieverbrauch sinkt.

Diese Aufgabe wird verfahrenstechnisch dadurch gelöst, daß die Granulatkörner ohne Zugabe von Trockensubstanz ausgebildet werden und daß der Granuliertvorgang vorzugsweise mit einer Pressung verbunden ist, sowie vorrichtungstechnisch dadurch, daß die Zuführeinrichtung frei ist von einer Zumischeinrichtung für Trockensubstanz.

Damit werden überraschende Vorgänge in der Wirbelschicht für die Schlamm Trocknung nutzbar gemacht. So hat sich gezeigt, daß es durch die Granulatform möglich ist, die Leimphase im Trocknungsbehälter zulassen zu können.



Aus der DE 39 02 446 C1 ist bekannt, Klärschlamm zur Trocknung in eine indirekt beheizte fluidisierte Sandschicht einzubringen. Bei diesem Verfahren wird der Schlamm derart vorgetrocknet, daß er noch einen Wasseranteil von ca. 40% aufweist. Damit ist er noch in pumpfähigem Zustand, hat jedoch die sog. "Leimphase", bei der die Gefahr besteht, daß das Material in sich und am Gehäuse verklebt, bereits vor dem Einbringen in die Sandschicht überschritten. Von Nachteil bei diesem Verfahren ist, daß der Klärschlamm in der Sandschicht während der Trocknung vollständig zu Staub zerrieben wird.

Aus der DE 42 42 747 A1 ist ein Verfahren der Wirbelschichttrocknung von Schlamm ohne trockene Fremdstoffe wie Sand bekannt. Durch die heftigen Reibbewegungen der Partikel in der Wirbelschicht entsteht Abrieb, der als Feinstaub vorliegt. Bei diesem bekannten Verfahren wird ca. 90 % des getrockneten Schlammes wieder dem teilentwässerten Schlamm vor der Trocknung zugemischt. Damit wird erreicht, daß beim Trocknungsvorgang die sogenannte "Leimphase", die bei einem Trockensubstanzgehalt von ca. 40 bis 60 % auftritt, schnell überbrückt wird.

Nachteilig an diesem Verfahren ist der geringe Wirkungsgrad, da nur jeweils ca. 10 % des getrockneten Schlammes entnommen werden können, sowie der hohe Feinstaubgehalt mit Partikeldurchmessern bis zu 500 µm, der bei diesem Verfahren bis zu 20 % der Gesamtmasse des getrockneten Schlammes betragen kann. Weiterhin besteht ohne zusätzliche Vorsorgemaßnahmen die Gefahr von Selbstentzündungen mit dem Luftsauerstoff und von Staubexplosionen aufgrund des hohen Feinstaubgehaltes.

Aus der DE 29 43 558 A1 ist schließlich ein Verfahren zum Verarbeiten von Klärschlamm bekannt, bei dem mechanisch vorentwässerter Klärschlamm granuliert und in einem Fließbettrockner getrocknet wird. Zum Granulieren des mechanisch



Granulat formstabil bleibt und die Granulatkörner kaum miteinander verkleben.

Da das der Wirbelschicht zugeführte Granulat einen hohen Wasseranteil von in der Regel etwa 75 % enthält, schwinden die Partikel während der Trocknung. Aufgrund des ungleichmäßigen Schwundes durch die schnelle Oberflächenan-

5 trocknung bei noch feuchtem inneren Zustand und des unterschiedlichen Abriebes entsteht im Verlauf des Trocknungs-

10 vorganges ein ungleichmäßig geformtes Trockengranulat mit Hohlräumen, in denen sich während der Trocknung Staub einlagert.

Somit wird die Staubmenge deutlich reduziert und die Gefahr einer Staubexplosion ohne weitere Zusatzmaßnahmen

15 gebannt.

Die Größe und Form des getrockneten Granulats kann durch Einsatz verschiedenartiger Granulatoren und durch Variation der Betriebsparameter bei der Korngestaltung beeinflusst werden. Damit wird eine enge Korngrößenverteilung bei

20 einem Korndurchmesser von wenigen Millimetern und eine Anpassung an den Anwendungsfall sowie an Kundenwünsche erreicht, z.B. für den Einsatz in Düngemittelstreuern oder zum Einblasen mit Druckluft in Verbrennungsanlagen.

Wenn das Granulat durch entsprechende technische Vorrichtungen unmittelbar nach seiner Modellierung und im freien Fall auf die Wirbelschicht aufgebracht wird, kann ein Verklumpen der Körner und ein Verkleben an Anlagenteilen vermieden und eine gute Vermischung mit den bereits an-

30 getrockneten Partikeln erreicht werden.

Eine unmittelbare Einbringung des Granulats unterhalb der Oberfläche der Wirbelschicht sorgt dafür, daß das Granulat sofort dem Trocknungsvorgang ausgesetzt ist.

35



Bei diesem kontinuierlichen Verfahren enthält die Wirbelschicht kornartig ausgebildete Partikel in allen Stadien der Trocknung. Hierdurch kann die Rückführung von getrocknetem Gut vermieden werden, da sich im Trocknungsbehälter stets eine zur raschen Überwindung der Leimphase ausreichende Menge an getrocknetem Granulat befindet. Durch die Vermischung mit dem getrocknetem Granulat wird ein schnelleres oberflächenseitiges Abtrocknen auf einen Trockensubstanzgehalt von über 60 % erreicht, weshalb das Granulat nur kurzzeitig der Gefahr des Verklebens ausgesetzt ist.

Ein weiterer überraschender Vorteil ist der, daß der durch Abrieb von bereits getrocknetem Granulat gebildete Staub zum großen Teil an die noch feuchten und die sich noch in der Leimphase befindenden Partikel in der Wirbelschicht gebunden wird. Dadurch wird sowohl die Staubmenge reduziert als auch eine Belagbildung an Anlagenteilen und ein Verkleben von Partikeln in der Leimphase wirksam verhindert. Dies gilt insbesondere dann, wenn das Trocknungsgas ohne Staubabscheidung im Kreis geführt wird und nur bei dem den Trockner verlassenden Brüden eine Staubabscheidung durchgeführt wird.

Ferner ist die mit der Formgebung durch eine in der Funktion eines Granulators vorgesehene Granuliereinrichtung verbundene Pressung des Granulats von Vorteil. Dadurch erhält das Granulat eine für die Trocknung in der Wirbelschicht vorteilhafte Anfangsstabilität. Ansonsten besteht die Gefahr, daß die Partikel in der Wirbelschicht zerfallen und eine weitere Nutzung des Granulats nicht möglich wäre. Die neu zugeführten Partikel werden in der Wirbelschicht mit den bereits getrockneten Granulatkörnern durch das einströmende Trocknungsgas vermischt und durch die gute Durchmischung, die große Partikeloberfläche und die Wahl eines geeigneten Trocknungsgases wird ein schnelles Antrocknen bzw. Anbacken der Partikeloberfläche erreicht, womit das



Da die Temperatur des Trocknungsgutes während des Trocknungsvorganges über der Siedetemperatur des Wassers liegt, entsteht im Wirkungsbereich des Wasserdampfes ein
5 Umfeld, in dem noch im Schlamm vorhandene pathogene Keime abgetötet werden.

Das Verfahren wird mit einem bereits getrockneten Granulat gestartet, da ein nur teilentwässerter Schlamm in
10 sich und mit den Anlagenteilen verkleben könnte, und somit der Aufbau einer Wirbelschicht erschwert wäre.

Der Einsatz von Wärmetauschern mit entsprechenden Wärmetauscherflächen in der Wirbelschicht ermöglicht eine wirkungsvolle Einbringung von Wärmeenergie. Dies ist von erheblichem Vorteil, da der überhitzte Wasserdampf bereits in
15 den ersten Zentimetern der Wirbelschicht erhebliche Energie an das Granulat abgibt.

20 Wenn Sattdampf mit vorzugsweise 5 bis 25 bar Überdruck als Heizmedium für die Wärmetauscher verwendet wird, kann die Übertragung einer großen Energiemenge bei relativ geringer Durchflußmenge an Heizmedium erreicht werden.

25 Durch einen geringfügigen Überdruck in der Trocknungsanlage wird das Eindringen von Luft über undichte Stellen verhindert.

Ein geringfügiger Unterdruck verhindert dagegen den
30 Austritt des ungereinigten Brüdens aus der Trocknungsanlage.

Ein weiterer Vorteil des Verfahrens ist, daß durch die Verdichtung des aus dem Schlamm ausgetriebenen Brüdens mit
35 einer entsprechenden Verdichtungseinrichtung und die anschließende Kondensation bei erhöhter Temperatur in einem Wärmetauscher, wie vorzugsweise dem Wärmetauscher in der



Wenn ein Granulatvorprodukt, etwa in Form von eingekerbten Stäben, verwendet wird, läßt dies eine Vereinfachung des Formgebungsverfahrens und der Granuliereinrichtung zu, ohne die Qualität des Endproduktes zu mindern.

5

Durch eine Beschränkung der aufgetragenen Granulatkörner auf einen bestimmten Durchmesserbereich, d.h. der Verleihung einer bestimmten Partikelform und -größe, kann die diesbezügliche Forderung der Anwender hinsichtlich der Lagerungs-, Transport- und Verwendungsfähigkeit des Endproduktes erfüllt werden.

Eine Trocknung des Schlammes auf Trockensubstanzgehalte von über 90 % gewährleistet die biologische Stabilität des Endproduktes.

Mit der vorzugsweisen Verwendung von überhitztem Wasserdampf als Trocknungsmittel wird dessen hohe spezifische Wärmekapazität genutzt und ein sehr guter Wärmeübergang zum Trocknungsgut erreicht. Dadurch wird die Leimphase schnell überbrückt, die eingebrachte Energie effizient genutzt und ein niedriger Energieverbrauch bewirkt.

Der ausgetriebene Brüden kann praktisch vollständig kondensiert und das Kondensat in die Kläranlage geleitet werden. Solange die Wasserdampf Temperatur den Wert von ca. 150°C nicht übersteigt, wird die organische Masse des Klärschlammes kaum zersetzt. Der ausgetriebene Brüden enthält in diesem Fall nur geringe Mengen an nicht kondensierbaren Gasen, so daß nur kleine Abgasmengen gereinigt werden müssen und unter günstigen Bedingungen überhaupt keine Abgasreinigung erforderlich ist.

Ferner enthält der überhitzte Wasserdampf keinen Sauerstoff und bannt damit von vorne herein jede Gefahr einer Selbstentzündung des Trocknungsgutes und einer Staubexplosion im Behälter.



Die Erfindung wird in der folgenden Zeichnung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die einzige Figur der Zeichnung zeigt ein Verfahrensfließbild einer erfindungsgemäßen Trocknungsanlage.

Eine Trocknungsanlage 1 weist einen Frischschlambunker 2, eine Trocknungsvorrichtung 3, eine Entstaubungsanlage 4 in Form eines Zyklons, und einen Trockengutbunker 5 auf.

10

Teilentwässerter Schlamm 6 wird durch eine Frischschlammpumpe 7 vom Frischschlambunker 2 zur Trocknungsvorrichtung 3 gepumpt, dort getrocknet und über eine Schnecke 8 und ein Becherwerk 9 zum Trockengutbunker 5 verbracht. Der getrocknete Schlamm 10 wird über einen Dosierschieber 11 in einen Transportbehälter 12 abgefüllt.

Die Trocknungsvorrichtung 3 weist einen Trocknungsbehälter 13, eine Zuführeinrichtung 14, ein Gebläse 15, einen Wärmetauscher 16 und eine Entnahmeeinrichtung 17 auf.

Der Trocknungsbehälter 13 hat einen unteren Vorlagerraum 18, in dem durch das Gebläse 15 ein Dampfwhirbelbett mit überhitztem Wasserdampf als Trocknungsgas aufgebaut und aufrechterhalten wird. Oberhalb einer gasdurchlässigen Bodenplatte bzw. Abstützung 19 bildet sich im Betrieb eine Wirbelschicht 20, deren Oberfläche 20a strichpunktiert angedeutet ist, aus, in der der teilentwässerte Schlamm 6 getrocknet wird.

30

Die Zuführeinrichtung 14 weist eine in der Funktion eines Granulators vorgesehene Granuliereinrichtung 14a auf. Durch diese wird ein Granulat 21 gebildet und über einen Austrittsbereich 22 der Granuliereinrichtung 14a in die Wirbelschicht 20 des Trocknungsbehälters 13 gebracht.

35



Wirbelschicht, die Verdampfungsenergie des ausgetriebenen Wassers als Kondensationswärme wiedergewonnen und in den Trocknungsprozeß zurückgeführt werden kann. Hierdurch wird der Energieverbrauch weiter gesenkt.

5

Die Vorrichtung läßt sich vorteilhaft ausgestalten, da auf eine Zumischeinrichtung für Trockensubstanz verzichtet werden kann. Damit läßt sich der vorrichtungstechnische Aufwand verringern und die Steuerung der Trocknungsanlage vereinfacht sich wesentlich.

10

Die Anordnung des Austrittsbereiches der Granuliereinrichtung oberhalb der Wirbelschicht ist von Vorteil, da die Austrittsöffnung so nicht durch die Beaufschlagung durch die Partikel beeinträchtigt wird.

15

Durch die Anordnung des Austrittsbereiches der Granuliereinrichtung innerhalb der Wirbelschicht wird erreicht, daß das Granulat sofort der Wirkung der Wirbelschicht ausgesetzt ist. Eventuell im Austrittsbereich der Granulievorrichtung anklebende Partikel werden mit fortschreitender Trocknung unter Einwirkung bereits weitgehend getrockneter Partikel der Wirbelschicht wieder abgelöst.

20

Von weiterem Vorteil ist es, wenn eine Granuliereinrichtung verwendet wird, bei der die Formgebung mit einer Pressung verbunden ist. Damit wird die Gefahr eines Verklebens der Granulatkörner im Granulator oder beim Transport in den Trockner verringert und es gelangt zudem weniger Außenluft in den Trockner hinein. Zudem ist das Granulat beim Eintritt in die Wirbelschicht bereits wesentlich formstabiler als bei einem Granuliertvorgang ohne Pressung, wie z.B. mit umlaufenden Messern.

25

30

Durch eine druckdichte Ausführung des Trocknungsbehälters wird sowohl der Lufteintritt als auch der Austritt von ungereinigtem Brüden verhindert.

35



Systemdruck im Trockner durchgeführt. Der in dieser ersten Stufe ausgetriebene Brüden kann dann zur Kondensation in den Wärmetauscher eines Wirbelschichttrockners der zweiten, vergleichbar aufgebauten Stufe geleitet werden, in der die
5 erfindungsgemäße Trocknung bei niedrigerem Druck durchgeführt wird. An diese zweite Stufe können sich entsprechend eine dritte und bei Bedarf noch weitere Stufen anschließen.



Patentansprüche

1. Verfahren zur kontinuierlichen Trocknung von Protein
5 enthaltendem Schlamm, insbesondere Klärschlamm, in einer
Wirbelschicht (20), die von einem Trocknungsgas durchströmt
wird, wobei der Wirbelschicht (20) teilentwässerter Schlamm
(6) in Granulatform (21) zugeführt und getrockneter Schlamm
(10) entnommen wird,
10
dadurch gekennzeichnet,
daß die Granulatkörner ohne Zugabe von Trockensubstanz aus-
gebildet werden und daß der Granuliertvorgang vorzugsweise
15 mit einer Pressung verbunden ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
das Granulat (21) oder ein Vorprodukt hiervon unmittelbar
nach seiner Erzeugung im freien Fall auf die Wirbelschicht
20 (20) aufgebracht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
das Granulat (21) oder ein Vorprodukt hiervon unmittelbar
in die Wirbelschicht (20) unterhalb von deren Oberfläche
25 (20a) eingebracht wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch ge-
kennzeichnet, daß die aufgetragenen Granulatkörner (21) im
Durchschnitt mit einem Durchmesser im Bereich von 1 bis
30 10 mm, vorzugsweise 3 bis 7 mm, insbesondere etwa 5 mm,
verwendet werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch ge-
kennzeichnet, daß der teilentwässerte Schlamm (6) auf
35 Trockensubstanzgehalte von mindestens 90 % der Masse des
getrockneten Produktes getrocknet wird.



mit einem Trocknungsbehälter (13), der einen unteren Vorlageraum (18) für Trocknungsgas und eine gasdurchlässige Abstützung (19) für die Wirbelschicht (20) aufweist,

- 5 mit einer Zuführeinrichtung (14) für den teilentwässerten Schlamm (6)

und mit einer Entnahmeeinrichtung (17) für den getrockneten Schlamm (10),

10

wobei die Zuführeinrichtung (14) eine Granuliereinrichtung (14a) aufweist,

dadurch gekennzeichnet,

15

daß die Zuführeinrichtung (14) frei ist von einer Zumischeinrichtung für Trockensubstanz.

- 20 **14.** Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Austrittsbereich (22) der Granuliereinrichtung (14a) in Nachbarschaft oder innerhalb der Umfangswand des Trocknungsbehälters (13) und oberhalb der Abstützeinrichtung (19) für die Wirbelschicht (20) angeordnet ist.

- 25 **15.** Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Austrittsbereich (22) der Granuliereinrichtung (14a) oberhalb der Oberfläche der Wirbelschicht (20a) angeordnet ist.

- 30 **16.** Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Austrittsbereich (22) der Granuliereinrichtung (14a) unterhalb der Oberfläche der Wirbelschicht (20a) angeordnet ist.

- 35 **17.** Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Granuliereinrichtung (14a) zur Er-



6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Trocknungsgas überhitzter Wasserdampf verwendet wird.
- 5 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Verfahrensanlauf mit einer Wirbelschicht (20) aus bereits getrocknetem Schlamm (10) in Granulatform durchgeführt wird.
- 10 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Wirbelschicht (20) mittels Wärmetauscher (16) beheizt wird.
- 15 9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Heizmedium für die Wärmetauscher (16) Sattdampf mit einem Überdruck von vorzugsweise 5 bis 25 bar verwendet wird.
- 20 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Trocknung bei einem geringfügig über dem Atmosphärendruck liegenden Druck durchgeführt wird.
- 25 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Trocknung bei einem geringfügig unter dem Atmosphärendruck liegenden Druck durchgeführt wird.
- 30 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der aus dem getrockneten Schlamm (10) ausgetriebene Brüden verdichtet und unter dem durch die Verdichtung erhöhten Druck vorzugsweise in dem in der Wirbelschicht (20) untergebrachten Wärmetauscher (16) kondensiert wird.
- 35 13. Vorrichtung zur kontinuierlichen Trocknung von Protein enthaltendem Schlamm, insbesondere Klärschlamm, in einer Wirbelschicht (20),



zeugung eines Vorproduktes des Granulats (21), z.B. in Form von eingekerbten Stäben, ausgebildet ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Granuliereinrichtung (14a) beim Granuliertvorgang Preßkräfte auf die Granulatkörner ausübt.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die aufgebrauchten Granulatkörner (21) im Durchschnitt einen Durchmesser im Bereich von 1 bis 10 mm, vorzugsweise 3 bis 7 mm, insbesondere etwa 5 mm, aufweisen.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß in der Wirbelschicht (20) wenigstens ein Wärmetauscher (16) mit Wärmetauscherflächen vorhanden ist, die vom Material der Wirbelschicht (20) beaufschlagbar sind.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Trocknungsbehälter (13) druckdicht ausgeführt ist.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 21, gekennzeichnet durch eine Einrichtung, enthaltend einen Verdichter und einen Kondensator, zur Wärmerückgewinnung der im ausgetriebenen Brüden enthaltenen Wärmeenergie.



In der Wirbelschicht 20 befinden sich Granulatkörner in allen Stadien der Trocknung, die von überhitztem Wasserdampf umströmt, in Bewegung versetzt und somit getrocknet werden. Das neu eingebrachte Granulat 21 vermischt sich mit
5 den bereits in der Wirbelschicht 20 befindenden Partikeln, deren große Anzahl und hoher Trockensubstanzgehalt die Trocknung der neu zugeführten Partikel beschleunigt. Aufgrund der günstigen Ausbildung in kleinen Partikelabmessungen, wird eine gute Formstabilität und eine verhältnismäßig
10 große Oberfläche erreicht.

Die Oberfläche des Granulats 21 trocknet bei diesen Verhältnissen schnell und verhindert so durch die rasche Überwindung der "Klebe- bzw. Leimphase" ein Verklumpen der
15 Körner, obwohl das Innere der Partikel die Bedingungen der Leimphase noch nicht überbrückt hat. Es entsteht ein steifes Außengerippe, bei einem noch weichen Innenbereich. Im Verlauf des Trocknungsvorganges trocknet das Granulat dann vollständig bis zu einem Trockensubstanzgehalt von mehr als
20 90 % aus. Dabei entsteht aufgrund des Schwundes und des Abriebs an anderen Partikeln ein ungleichmäßig geformtes Trockengranulat mit Hohlräumen.

Durch das schnelle Antrocknen an der Oberfläche behält
25 das Granulat im wesentlichen seine durch die Gestaltung vorgegebene Größe bei und es entsteht getrocknetes, poröses Granulat mit einem Durchmesser von einigen Millimetern.

Der sich durch den Abrieb bildende Staub kann zum Teil
30 an die sich oberflächenseitig noch in der Leimphase befindenden Partikel, zum Teil in den Hohlräumen der Granulatkörner angelagert werden.

In der Wirbelschicht 20 befindet sich der Wärmetauscher
35 16, der von einer Dampfversorgung 23 mit Sattedampf von 5 bis 25 bar Überdruck versehen wird und damit die Wirbelschicht 20 beheizt. Damit wird der als Trocknungsmittel



eingesetzte überhitzte Wasserdampf mit Energie versorgt, um die an das Granulat 21 abgegebene Wärme zu ersetzen und so die Funktion aufrecht zu erhalten.

5 Der durch den Trocknungsprozeß verunreinigte überhitzte Wasserdampf, der sogenannte Brüden, wird über einen Auslaß 24 zur Entstaubungsanlage 4 abgeführt. Dort werden die Staub- und Feinkornanteile abgetrennt und über eine Zellradschleuse 25 mit dem getrockneten Schlamm 10 zusammenge-
10 führt. Über das Gebläse 15 wird der gereinigte Brüden wieder der Trocknungsvorrichtung 3 zugeführt. Durch die vom teilentwässerten Schlamm 6 zugeführte Feuchtigkeit entsteht ein Brüdenüberschuß, der nach der Entstaubung einer Kondensations- und Reinigungsvorrichtung 26 zugeführt wird. Dort
15 kondensiert der Brüden und die nicht kondensierbaren Anteile werden dabei gleichzeitig gewaschen und, falls erforderlich, zur Desodorierung weitergeleitet.

 Der getrocknete Schlamm 10 wird über die Entnahmeeinrichtung 17 und über Zellradschleusen 27, 28 und 29 entnommen. Über die Schnecke 8 und das Becherwerk 9 wird er schließlich zum Trockengutbunker 5 verbracht.

25 Zur Verhinderung der Kondensation von Wasserdampf in den Entnahmeleitungen aus der Wirbelschicht 20 und der Entstaubungsanlage 4 sind diese bis zur Zellradschleuse 29 thermisch isoliert und beheizbar. Um Selbstentzündungen des ausgetragenen, getrockneten Schlammes auszuschließen, wird die Schnecke 8 gekühlt.

30 Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist eine weitere Verfahrensvariante möglich, die sich besonders für Schlämme eignet, bei deren Trocknung nur wenig Staub entsteht. Im Unterschied zum vorstehend beschriebenen Verfahren wird nicht der gesamte den Trockner 3 beim Auslaß 24 verlassende Brüden zur Entstaubungsanlage 4 geführt, sondern nur der überschüssige aus dem Trocknungsgut ausgetrie-
35



bene Brüden. Der überwiegende Teil des den Trockner 3 beim Auslaß 24 verlassenden Brüdens dient wiederum als Fluidisierungsmittel für die Wirbelschicht und als Wärmeträger und wird direkt über ein mit staubhaltigem Brüden beaufschlagbares Gebläse 15 ohne Entstaubung wieder in den Trockner geleitet. Bei dieser Verfahrenvariante reicht eine erheblich kleiner dimensionierte Entstaubungsanlage 4 aus.

Es ist auch möglich, auf die Entstaubungsanlage 4 zu verzichten und den überschüssigen, staubbeladenen Brüden direkt in die Kondensations- und Reinigungsanlage 26 zu leiten. In dieser Anlage 26 wird der Brüden z.B. mit Hilfe von eingesprühten kaltem Wasser kondensiert und der Staub in das Kondensat übergeführt. Das staubbeladene Kondensat kann dann in die Kläranlage geleitet werden.

Falls allerdings die energetisch günstige Brüdenkompression in die Anlage integriert werden soll, wird die Entstaubungsanlage 4 benötigt, da der Brüden vor dem Eintritt in den Verdichter entstaubt werden muß.

Wie die vorstehende Beschreibung zeigt, läßt die Erfindung eine Vielzahl von Abwandlungen und Abänderungen zu, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

So kann z.B. das Granulat 21 im freien Fall auf die Wirbelschicht 20 aufgebracht werden. Dazu muß der Austrittsbereich 22 der Granuliereinrichtung 14a oberhalb der Wirbelschichtoberfläche 20a angeordnet sein. Von Vorteil ist es dabei, wenn das Granulat 21 im Zuge seiner Aufbringung über die Oberfläche der Wirbelschicht 20a verteilt wird. Hierdurch kann eine größere Menge eingebracht und ein schnelles Antrocknen der Partikel erreicht werden.

Das Granulat 21 kann aber auch unmittelbar in die Wirbelschicht 20 eingebracht werden, wozu der Austrittsbereich 22 der Granuliereinrichtung 14a unterhalb der Wirbelschicht-



toberfläche 20a angeordnet wird. Dann könnten sich evtl. im Auslaßbereich der Granuliereinrichtung angeklebte Partikel aufgrund der Einwirkung bereits getrockneter Partikel wieder ablösen.

5

Die Granuliereinrichtung 14a kann statt des Granulats 21 auch ein Vorprodukt hiervon, z.B. in Form von eingekerbten Stäben, erzeugen. Dies hat den Vorteil, daß sich der Stab über die Wirbelschicht 20 ausbreiten kann, dann bei einer gewissen Überdeckung abbricht, in die Wirbelschicht fällt und dort aufgeteilt wird. Hierdurch wird eine gute Verteilung des Granulats 21 auf die Wirbelschicht 20 erreicht.

15 Weiterhin ist es möglich den Trocknungsbehälter 13 mit einem geringfügigen Überdruck zu belegen, um das Eindringen von Luft zu verhindern. Durch einen leichten Unterdruck im Trocknungsbehälter 13 kann aber auch der Austritt von unge-reinigtem Brüden vermieden werden.

20

Zur Senkung des Energieverbrauchs ist es möglich, die energetisch günstige Brüdenkompression in die Anlage zu integrieren. In diesem Fall wird der aus dem Klärschlamm ausgetriebene Brüden nicht, wie im Flußschema dargestellt, in der Kondensations- und Reinigungsvorrichtung 26 kondensiert, sondern z.B. mit einem Schraubenverdichter komprimiert und unter erhöhtem Druck in einem Wärmetauscher, z.B. dem in der Wirbelschicht 20 eingebauten Wärmetauscher 16, bei höherer Temperatur kondensiert. So wird ein wesentlicher Teil der Verdampfungswärme des ausgetriebenen Wassers in den Trocknungsprozeß zurückgeführt und der Energieverbrauch gesenkt. Die Dampfversorgung 23 wird gegebenenfalls nur zum Anfahren der Anlage benötigt.

35 Zur Senkung des Energieverbrauchs ist es ferner möglich, die Trocknung mehrstufig durchzuführen. In diesem Fall wird die erste Wirbelschichttrocknung bei einem hohen